УДК 552.322+553.411.071

# МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ЧЕРТЫ АССОЦИАЦИИ КИСЛЫХ ГИПАБИССАЛЬНЫХ ПОРОД БЕРИКУЛЬСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

И.В. Кучеренко

Томский политехнический университет
E-mail: lev@tpu.ru

Приведены результаты изучения минерального и химического составов кислых гипабиссальных пород Берикульского рудного поля. Установлены три вида гранитоидов: низкощелочных, нормальных, лейкократовых гранитов. Каждый вид представлен аплитовидной, порфировидной, пегматоидной структурными разновидностями и одной биотитовой минеральной разновидностью. Все виды гранитоидов относятся к весьма высокоглиноземистым и преобладающе к калиево-натриевой петрохимической серии при эпизодическом участии пород калиевой серии. По совокупности признаков, в частности, с учетом пространственно-возрастной близости, сходства составов плутонических гранитоидов мартайгинского времени и кислых гипабиссальных пород рудного поля сделан вывод об образовании последних в составе Мартайгинского комплекса, вероятно, на заключительных этапах его становления.

## Введение

Ранее [1] было показано структурное и возрастное положение даек кислых пород Берикульского рудного поля. Они представляют автономную от более поздних основных гипабиссальных пород ассоциацию, что следует из фактов пересечения их более многочисленными хорошо раскристаллизованными дайками долеритов, в эндоконтактах или в маломощных (до 5...20 см) телах – в полном объеме сложенными афанитовой породой. Афанитовое строение долеритов, свидетельствующее об относительно быстром застывании расплавов, зафиксировано и в участках пересечения долеритами даек кислых пород. Во вскрытом объеме рудного поля задокументировано около 300 даек основных пород и около 150 даек гранитоидов, при этом не обнаружено ни одного случая пересечения вторыми первых. Те и другие дайки известны в габброидах восточной и

южной окраин рудного поля, а также на юго-восточной его периферии среди гранодиоритов и адамеллитов штоковидного тела в скальных обнажениях правого борта ручья Сухой Берикуль.

Все гипабиссальные кислые и основные породы, в отличие от вмещающих дайки и руды покровных вулканитов берикульской свиты, не несут признаков контактового метаморфизма (ороговикования) и контактового метасоматизма (скарнирования), но, за исключением внутри- и позднерудных даек долеритов, в контактах с золоторудными кварцевыми жилами березитизированы. Интрузивное происхождение даек доказывается морфологией вмещающих трещин (отрыва) и наличием в них обломков ороговикованных вулканитов, особенно заметных в телах гнездовой формы.

Приведенными и некоторыми другими фактами обеспечивается реконструкция последовательности геологических событий в занятом рудным полем блоке земной коры, включая процесс рудообразования.

### 1. Петрохимия кислых пород

В качестве предварительных замечаний отметим, во-первых, что количественный минеральный состав кислых пород одного вида, определенный в шлифах на интеграционном столике, демонстрирует значительные вариации содержаний минералов и не всегда строго согласуется с более усредненными данными химических анализов проб обычной массой 1,0...1,5 кг. Очевидно, это обусловлено существенной неравномерностью распределения минералов в объеме породы и малыми размерами шлифов. Поэтому, при диагностике классификационного положения пород целесообразно в первую очередь ориентироваться на петрохимические показатели с учетом их минерального состава.

Во-вторых, корректность петрохимических выводов зависит от степени сохранности начального химического состава пород. Все изученные дайки (111), как отмечалось, дорудные, залегают внутри рудного поля и некоторые подверглись околорудному гидротермальному калиево-сернисто-углекислотному метасоматизму с образованием березитов. Поэтому, в соответствии с целями данной работы подбирались пробы из даек, наиболее удаленных от рудных тел и наименее измененных. Учитывалось также, что наиболее чуткий показатель степени изменений пород в этих условиях – содержание карбонатов и сульфидов, поскольку при околорудной березитизации наиболее масштабные преобразования химического состава изверженных не содержащих карбонатов и относительно высококалиевых бессульфидных пород связаны с привносом углекислоты и серы. В таблице видно, что поступление обоих компонентов незначительно, а слабая степень изменений пород на уровне до 1…6 объемных % эпигенетических минералов фиксируется в шлифах. На петрохимической диаграмме (рис. 1) также можно видеть отсутствие тенденций в изменении химических составов пород в зависимости от содержания углекислоты – породы с разным ее содержанием представляют все семейства. Не следует ожидать и существенного удаления натрия и кремнезема, обычного для березитов, но не свойственного слабо измененным породам в обрамлении березитов. Некоторые тела сложены совершенно свежей породой (пробы №№ 223, 274, 276, 635, таблица), и они также представляют разные семейства (рис. 1). На основании приведенных фактов и соображений представляется справедливым заключение о соответствии в определяющих выводы чертах используемых результатов химических анализов первичному

Таблица. Химические составы кислых гипабиссальных пород Берикульского рудного поля, мас. %

| Номера проб | Компоненты | | | | | | | | | | | | | | | $al^*$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $K_2O$ | $Na_2O$ | CaO | MgO | $Fe_2O_3$ | FeO | MnO | $TiO_2$ | $P_2O_5$ | $CO_2$ | $S_{сульфид}$ | $H_2O^-$ | ППП | Σ | |
| 316 | 68,00 | 16,60 | 2,20 | 3,74 | 3,84 | 0,89 | 0,38 | 2,76 | 0,06 | 0,43 | 0,22 | 0,22 | 0,13 | 1,22 | – | 100,69 | 4,12 |
| 148 | 68,86 | 15,09 | 3,58 | 2,78 | 3,01 | 1,21 | 1,41 | 2,20 | 0,05 | 0,35 | 0,14 | 0,78 | 0,01 | 1,18 | – | 100,65 | 3,13 |
| 1326 | 67,92 | 15,24 | 3,60 | 4,05 | 2,26 | 0,89 | 1,20 | 2,14 | 0,05 | 0,42 | 0,23 | 0,45 | 0,24 | – | 1,05 | 99,74 | 3,60 |
| 1330 | 68,08 | 15,78 | 4,00 | 4,23 | 2,26 | 0,81 | 1,31 | 1,86 | 0,09 | 0,39 | 0,20 | 0,58 | 0,14 | – | 0,61 | 100,34 | 3,96 |
| 223 | 69,60 | 16,60 | 2,85 | 4,40 | 2,25 | 0,81 | 0,88 | 1,80 | 0,09 | 0,20 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 1,36 | – | 100,91 | 4,76 |
| 317 | 69,75 | 14,65 | 3,75 | 4,10 | 1,81 | 0,60 | 0,99 | 1,66 | 0,05 | 0,24 | 0,07 | 0,76 | 0,00 | 1,04 | – | 99,47 | 4,51 |
| 218 | 70,00 | 15,00 | 1,80 | 4,75 | 3,66 | 0,40 | 1,15 | 0,69 | 0,04 | 0,20 | 0,46 | 0,31 | 0,00 | 0,92 | – | 99,38 | 6,70 |
| 278 | 71,50 | 13,21 | 5,50 | 2,70 | 2,69 | 0,48 | 0,00 | 1,93 | 0,06 | 0,27 | 0,15 | 1,42 | 0,08 | 0,62 | – | 100,61 | 5,48 |
| 48 | 71,77 | 13,94 | 6,25 | 1,68 | 1,96 | 0,62 | 0,55 | 1,59 | 0,05 | 0,28 | 0,07 | 0,18 | 0,01 | 0,58 | – | 99,53 | 5,05 |
| 154 | 71,82 | 12,96 | 5,80 | 2,00 | 2,96 | 0,30 | 1,02 | 1,04 | 0,03 | 0,14 | 0,03 | 0,40 | 0,07 | 0,92 | – | 99,49 | 5,49 |
| 107 | 71,82 | 13,58 | 3,30 | 4,50 | 1,41 | 1,02 | 0,70 | 2,02 | 0,05 | 0,20 | 0,40 | 1,12 | 0,06 | 0,20 | – | 100,38 | 3,63 |
| 256 | 72,96 | 13,67 | 3,73 | 3,48 | 0,15 | 1,53 | 0,72 | 0,65 | 0,03 | 0,90 | 0,00 | 1,05 | 0,02 | 0,70 | – | 99,59 | 4,71 |
| 274 | 73,17 | 14,70 | 3,88 | 3,70 | 1,65 | 0,32 | 0,31 | 1,02 | 0,05 | 0,15 | 0,08 | 0,07 | 0,02 | 0,82 | – | 99,94 | 8,91 |
| 1327 | 73,71 | 12,91 | 4,60 | 3,58 | 1,47 | 0,24 | 1,52 | 1,14 | 0,04 | 0,14 | 0,07 | 0,67 | 0,04 | – | 0,10 | 100,23 | 4,45 |
| 276 | 74,00 | 14,28 | 4,56 | 3,65 | 1,55 | 0,16 | 0,30 | 1,11 | 0,05 | 0,20 | 0,01 | 0,08 | 0,06 | 0,86 | – | 100,87 | 9,09 |
| 639 | 74,16 | 13,70 | 4,14 | 3,66 | 1,18 | 0,25 | 0,32 | 2,31 | 0,05 | 0,17 | 0,00 | 0,36 | 0,03 | 0,00 | – | 100,33 | 4,76 |
| 630 | 74,69 | 13,63 | 4,15 | 3,12 | 1,10 | 0,50 | 2,08 | 0,41 | 0,09 | 0,17 | 0,03 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | – | 100,22 | 4,56 |
| 635 | 75,13 | 12,82 | 4,65 | 3,12 | 0,69 | 0,30 | 1,12 | 1,35 | 0,04 | 0,15 | 0,05 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | – | 99,43 | 4,63 |
| 272 | 75,90 | 12,67 | 4,46 | 3,50 | 1,14 | 0,24 | 0,00 | 1,24 | 0,05 | 0,12 | 0,12 | 0,62 | 0,03 | 0,43 | – | 100,52 | 8,56 |
| 41 | 75,89 | 12,33 | 3,27 | 3,72 | 1,20 | 0,78 | 0,56 | 0,89 | 0,05 | 0,20 | 0,07 | 0,81 | 0,01 | 0,42 | – | 100,20 | 5,53 |

1) Пробы 316, 148 – аплитовидные низкощелочные граниты; пробы 1326, 1330, 223, 317, 278, 48, 154, 107, 256 – аплитовидные граниты; пробы 274, 1327, 276, 639, 630, 635, 272 – аплитовидные лейкограниты; проба 218 – пегматоидный низкощелочной гранит; проба 41 – пегматоидный лейкогранит.

2) – не определялось.

3) $al^*$ – коэффициент глиноземистости.

4) Полные химические анализы пород выполнены в Центральной лаборатории Западно-Сибирского геологического управления МГиОН РСФСР под руководством И.А. Дубровской

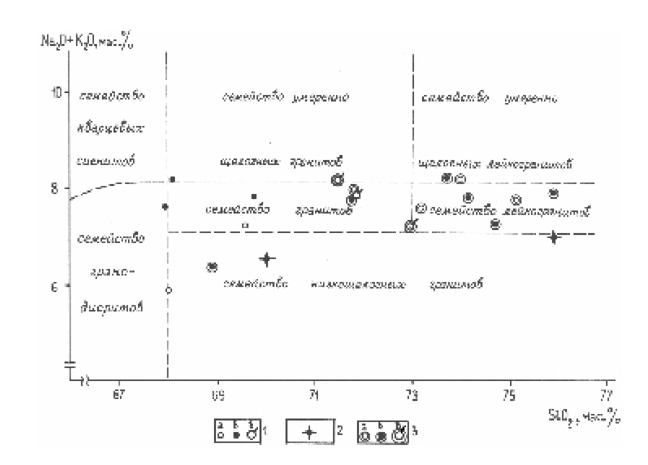



Рис. 1. Химические составы кислых пород даек Берикульского рудного поля в координатах $SiO_2$ – ($Na_2O$+$K_2O$). 1) фигуративные точки химических составов аплитовидных гранитов и лейкогранитов с содержанием $CO_2$ менее 0,25 % (а), 0,25…1,0 % (б), более 1,0 % (в), 2) – пегматоидных низкощелочных гранитов и лейкогранитов; 3) фигуративные точки химических составов аплитовидных гранитов и лейкогранитов с преобладанием калия над натрием. Граничные значения петрохимических параметров заимствованы из [2]

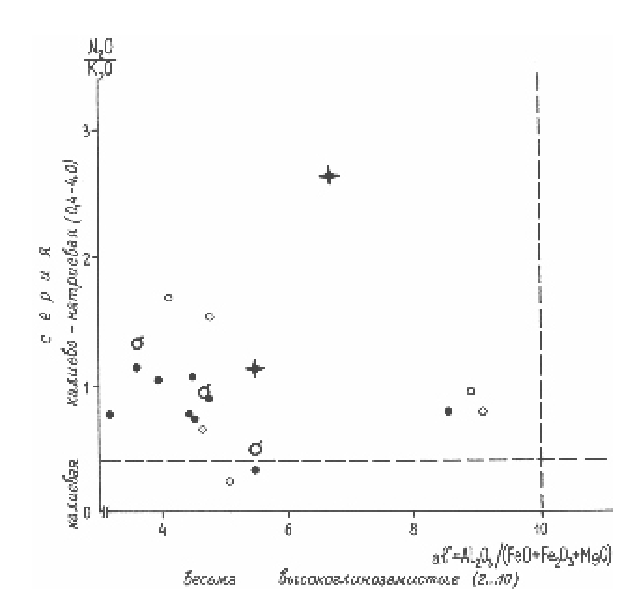



Рис. 2. Химические составы кислых пород даек Берикульского рудного поля в координатах al'=$Al_2O_3$/($FeO$+$Fe_2O_3$+$MgO$)–$Na_2O$/$K_2O$. Условные обозначения см. на рис. 1

составу пород.

В третьих, породы всех изученных даек несут признаки сходства. Для них свойственна мелкозернистая, разнозернистая, нередко порфировидная структура, массивная текстура с элементами такситовой, внешне выраженной слабо и обусловленной неравномерным, пятнообразным и/или неясно полосчатым распределением в одной дайке пород с варьирующими соотношениями количества типоморфных минералов. Породы каждого семейства светло-серые, серые, розово-серые, розовые, имеют аплитовидный облик. Цвет пород изменяется нередко в пределах одной дайки, что согласуется с неравномерным распределением розовых щелочных и серых, светло-серых известково-щелочных полевых шпатов. Все перечисленные признаки следует иметь в виду, но из дальнейшего употребления представляется целесообразным исключить во избежание многочисленных повторений, ограничившись указанием вида породы и ее петрохимической индивидуальности.

Исключение составит достаточно редкая пегматоидного облика порода, которая иногда занимает небольшие объемы в гнездообразных телах аплитовидных гранитоидов, имеет с последними постепенные переходы, а минералого-химический состав ее соответствует таковому заполняющей тело аплитовидной породы (рис. 1). Очевидно, здесь мы имеем дело со структурными разновидностями гранитоидов.

Дайковые кислые породы рудного поля представляют три семейства и, соответственно, три вида: низкощелочных гранитов с пегматоидной разновидностью, гранитов и лейкогранитов с разновидностью пегматоидных лейкогранитов в области перехода к низкощелочным гранитам (рис. 1). Можно предполагать существование пегматоидных гранитов, однако они не были обнаружены. Поздняя из выявленных двух генерация даек гранитоидов представлена более лейкократовой породой.

Породы перечисленных видов относятся к весьма высокоглиноземистым, а несколько даек лейкогранитов обособляются от других наиболее высоким (около 9) коэффициентом глиноземистости (рис. 2). Вместе с тем, большинство пород принадлежит к калиево-натриевой петрохимической серии, лишь в двух пробах (№№ 48, 154) из всего массива – к калиевой.

## 2. Минеральный состав кислых пород

В породах каждого вида минеральный состав содержит признаки межвидового сходства и различий. Последние, в основном, касаются особенностей состава полевых шпатов, количественных соотношений полевых шпатов и кварца, содержания темноцветного минерала. В остальном породы сходны, в связи с чем целесообразно во избежание повторений дать сводное описание минерального состава, подчеркивая особенности, свойственные каждому виду.

Совокупность типоморфных минералов всех пород включает кварц, известково-щелочные и щелочные полевые шпаты. Статус существенного иногда, прежде всего в низкощелочных гранитах, приобретает биотит, содержание которого достигает в них 10 %, оставаясь в гранитах на уровне 0...2 %, а в лейкогранитах опускаясь до 0...1 %. В качестве редчайших микровключений (десятые доли мм) в низкощелочных гранитах и гранитах обнаружены авгит и обыкновенная роговая обманка. Набор акцессориев включает апатит, циркон, магнетит, сфен в форме редких мелких вкрапленников. К эпигенетическим относятся серицит, кальцит, хлорит (преобладают), эпидот, рутил, лейкоксен, магнетит, пирит.

Кварц, полевые шпаты и биотит присутствуют в двух формах, представляющих, по-видимому,

два этапа кристаллизации расплавов: крупных, до 1…3 мм, в редких порфировых выделениях – до 5 мм, в пегматоидных разновидностях – до 20 мм, и агрегатов мелких (сотые-десятые доли мм) кристаллов и зерен.

Идиоморфные таблитчатые и более или менее изометричные кристаллы плагиоклазов в реакционном срастании с замещающими их ксеноморфными зернами щелочных полевых шпатов и кварца определяют гипидиоморфнозернистую структуру пород. Характерные включения кварца в кристаллах щелочных полевых шпатов и в межзерновом пространстве придают породам, особенно в пегматоидных разностях, также элементы пегматитовой (письменной) структуры.

Содержание плагиоклазов, не считая альбита в пертитовых вростках щелочного полевого шпата, по данным подсчетов на интеграционном столике в низкощелочных гранитах изменяется в пределах 30…35 %, иногда снижается до 25 %, в гранитах – в пределах 20...30 %, в лейкогранитах – в пределах 15...30 %. Кристаллы нередко зональны: в ядрах кристаллов в низкощелочных гранитах состав их отвечает андезину ($An_{35-45}$), в гранитах – кислому андезину ($An_{30-40}$), в периферийных зонах в обеих породах – олигоклазу при широких вариациях. В лейкогранитах зональных кристаллов не замечено, но крупные кристаллы I этапа кристаллизации имеют более основной состав вплоть до основного олигоклаза, а мелкие кристаллы II этапа представлены кислым олигоклазом. В незональных кристаллах мы имеем дело в низкощелочных гранитах с основным олигоклазом – кислым андезином, в гранитах и лейкогранитах – с олигоклазом ($An_{15-30}$). Плагиоклазы обычно слабо замещены серицитом на уровне редкой, иногда существенной вкрапленности, содержат мельчайшие включения кальцита.

Щелочные полевые шпаты, как правило, количественно преобладают над плагиоклазами, лишь в низкощелочных гранитах несколько уступая им. Содержания их по отдельным замерам достигают 40...45 %. В составе щелочных полевых шпатов участвуют ортоклаз и решетчатый микроклин; первый в разной степени, в том числе существенно, пелитизирован.

Заметно преобладает ортоклаз, в крупных зернах, как правило, насыщенный (до 20…30 %) пертитовыми вростками альбита нитевидной, чечевицеобразной, неправильно линзовидной форм. Содержит мелкие вростки таблитчатого плагиоклаза с коррозионными очертаниями, в свою очередь замещается мелкими зернами ксеноморфного кварца в агрегатах.

Кварц обнаруживает значительные вариации в содержании, которые укладываются в интервал 21...40 %. Количества его увеличиваются от низкощелочных гранитов к лейкогранитам. В крупных зернах наряду с ксеноморфизмом ему свойственны кристаллографические ограничения и срастания с другими минералами по прямолинейным границам. Содержит пойкилитовые включения плагиоклазов, ортоклаза, биотита. Мелкие зерна имеют сложные ограничения с взаимопроникновением одних в другие, реакционные соотношения с другими минералами.

Бурый биотит в крупных и мелких чешуйках, часто изогнутых, определяет принадлежность к биотитовой разновидности всех трех видов гранитов. Он либо свежий, либо замещен вдоль спайности бледно-зеленым хлоритом частично, иногда полностью. Кроме хлорита, в составе продуктов замещения образованы кальцит, эпидот, рутил, лейкоксен, магнетит, пирит, серицит. Последний в крупных чешуйках разрастается до мусковита – конечного продукта замещения, очищаясь от перечисленных минералов, которые скапливаются по периферии его чешуек или вдоль направлений спайности.

## Заключение

Таким образом, по минералого-химическому составу кислые гипабиссальные породы Берикульского рудного поля, наиболее ранние из послеплутонических магматических производных, представлены тремя видами: низкощелочных, нормальных, лейкократовых гранитов с аплитовидной, порфировидной и пегматоидной структурными разновидностями в каждом семействе. Вместе с тем, по составу существенного (второстепенного) темноцветного минерала все они принадлежат к биотитовой разновидности, редко авгит- или амфиболсодержащей. Важнейшие петрохимические параметры их, – коэффициент лейкократовости, Na/K – отношение, обычны для гранитоидов каждого вида. Видовое разнообразие пород, вероятно, обусловлено эволюционным развитием магматизма в направлении увеличения кремнекислотности поздних расплавов, уменьшения их известковистости и магнезиальности.

Обсуждаемые гипабиссальные породы образованы в возрастном интервале между становлением плутонов Мартайгинского комплекса (Центрального, Солгонского, Дудетского) и формированием мезотермального золотого оруденения в объеме Центрального, Комсомольского, Берикульского и других рудных полей. Как было показано [1], по меркам длительности геологических событий возраст тех и других близок. Отсюда должен следовать вывод о незначительном перерыве или отсутствии такового при образовании плутонических и гипабиссальных пород, близких по видовому составу, сходных по схеме эволюции составов от более мезократовых к более лейкократовым, что вообще свойственно гранитоидным магматическим комплексам.

С учетом приведенных фактов представляется наиболее вероятным образование ассоциации ранних кислых даек рудного поля как производных заключительных фаз функционирования глубинных гранитоидных очагов мартайгинского времени и, следовательно, принадлежность этой ассоциации к Мартайгинскому комплексу.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучеренко И.В. Малые интрузии Берикульского рудного поля (Кузнецкий Алатау) // Известия Томского политехнического университета. – 2003. – Т. 306. – № 4. – С. 28–33.
2. Магматические горные породы. Классификация, номенклатура, петрография. Часть I / Е.Д. Андреева, В.А.